

УДК 629.11.012.55

## ПРОБІГ ШИНИ ДО ПОВНОГО ЗНОСУ ПРОТЕКТОРА

© Ларін О. М., 2000

Харківський інститут пожежної безпеки

**Запропоновані математичні залежності для розрахунку пробігу автомобільної шини до повного зносу висоти рисунку протектора при різноманітному сполученні експлуатаційних, конструктивних параметрів шини та дорожнього покриття.**

Пробіг шини до повного зносу висоти рисунка протектора можна визначити за допомогою залежності

$$L = 2\pi R \frac{H_{np}}{I_K}, \quad (1)$$

де  $H_{np}$  - повна висота малюнка протектора,  $I_K$  - розмір зносу протектора за один оборот колеса.

Знос протектора відбувається тоді, коли в зонах фактичного торкання шини з дорогою спостерігається ковзання виступів протектора або їхньої частини відносно дорожнього покриття. При цьому в основному виявляється абразивне, втомливе, а також зношування внаслідок скоочування. Реалізація визначеного виду зношування істотно залежить від механічних властивостей матеріалу протектора, технічного стану автомобіля і його конструкції.

Абразивне зношування виявляється при русі шини по дорогах із гострими вершинами поверхні і нерівностями. Абразивному зношуванню сприяє різке гальмування автомобіля.

Зношування протектора шин у результаті скоочування в основному є характерним для протекторів, виготовлених із м'яких гум.

Відповідно до робіт [1, 2] втомливе зношування є переважним при русі по дорогах із поліпшеним покриттям.

При обчисленні інтенсивності зношування допускається, що фактичний контакт поверхонь виступів протектора з полотном дороги є насиченим, а в окремих зонах торкання мають місце пружні деформації, причому, у кожній зоні торкання виконується закон Герца. Звичайно знос оцінюють по інтегральній лінійній інтенсивності зношування [3]. Якщо прийняти, що в поперечному перетині контакту нормальні і дотичні сили розподілені рівномірно, то інтенсивність зносу при коченні зв'язана з інтенсивністю зносу при ковзанні такою залежністю:

$$I_K = \frac{1}{L} \int_0^{S_{MAX}} I_h ds, \quad (2)$$

де  $S_{MAX}$  - ковзання точки на поверхні кочення колеса,  $L=2X_0$  - довжина площі контакту.

Відповідно до теорії втомливого зношування інтегральна лінійна інтенсивність зношування  $I_n$  залежить від питомої лінійної інтенсивності зношування  $i_n$ , тобто

$$I_n = i_n q_c / \bar{q}_n,$$

де  $q_c$  - середній контурний тиск на виступах протектора в зоні контакту,  $\bar{q}_n$  - середнє нормальне напруження в зонах фактичного торкання протектора з дорогою.

Відомо, що [1]

$$i_n = \frac{0,8\kappa R_{MAX}^{1/2} \varepsilon_H^{1/2}}{2\nu^{1/2} R_n^{1/2} n} \left( \frac{\nu \varepsilon}{\varepsilon_H} + 1 - \nu \right)^{1/2}, \quad (3)$$

де  $n$  - число циклів, що витримуються матеріалом до руйнації;  $\kappa$  - коефіцієнт, що враховує об'єм що реально деформується;  $\nu$  - параметр кривої опорної поверхні (одержують у результаті опрацювання профілограм доріг [2]);  $\varepsilon_H$  - відносне зближення, рівне відношенню відстані між виступами, що мають максимальну і мінімальну висоту, до максимальної висоти мікронерівностей.

Згідно теорії втомливого зношування число циклів навантаження, що витримуються матеріалом протектора до руйнації визначається за допомогою залежності [4]

$$n = \left( \frac{\sigma_B}{3\tau_{mp}} \right)^t = \left( \frac{\sigma_B}{3(\tau_0 + \beta \bar{q}_n)} \right)^t. \quad (4)$$

При пружному насиченому контакті середні контактні зусилля дорівнюють [5]

$$q_c = 0,75 E^{2/3} \Delta^{1/3} q_n^{1/3} / (1 - \mu^2)^{2/3},$$

де  $\Delta = R_{max} / \left( R_H b^{1/\nu} \right)$  - характеристика мікрогеометрії поверхні,  $b$  - параметр кривої опорної поверхні.

Підставляючи значення  $n$ ,  $q_c$ ,  $\tau_{mp}$  у вираз для  $i_n$  визначаємо питому лінійну інтенсивність зношування для найбільше типових показників кривих

опорних поверхонь таким чином

$$i_n = \frac{0,4 \cdot \kappa \cdot \Delta^{1/6} q_n^{2/3} (1 - \mu^2)^{2/3} \tau_{mp}^t (k_0)^t}{\sigma_b^t E^{2/3}}. \quad (5)$$

З огляду на те, що контурна площа торкання шини з поверхнею  $S_k = 2X_0 B_n$ , а номінальна площа шини  $S_H = 2\pi R B_n$ , а також допускаючи, що для дорожніх покриттів  $\nu = b = 3$ , отримуємо, що

$$I_n = \frac{0,8 \Delta^{1/6} q_n^{2/3} (1 - \mu^2)^{2/3} \tau_{mp}^t \cdot x_0 (k_0)^t}{2\pi R \sigma_b^t E^{2/3}}. \quad (6)$$

Апроксимуючи відому залежність між напруженнями і прослизаннями, яка представлена на рис. 1, відрізками прямих ліній, одержимо на ділянці від 0 до  $S_1$   $\tau = \tau_{max}/S_1$ , а на ділянці від  $S_1$  до  $S_{max}$ , будемо мати, що  $\tau = \tau_{max} (S_{max} - S) / (S_{max} - S_1)$ .

Використовуючи отримані залежності й інтегруючи  $I_K$ , отримуємо, що

$$I_K = \frac{0,1 \cdot \kappa \cdot \Delta^{1/6} \cdot r_{max}^t \cdot S_{max} \cdot (1 - \mu^2)^{2/3} \cdot Q^{2/3} \cdot k_1^{1/3} \cdot \sigma_b^{-t} \cdot E^{-2/3} \cdot k_{np}^{-2/3} \cdot B_n^{-2/3}}{2^{13/9} \cdot \pi R^{11/9} \left( \left( 2 \cdot B_n^{3/2} \cdot q_B^{3/2} \cdot R^{1/2} + 3Q k_1^{1/2} \right)^{1/3} - \left( 2 \cdot B_n^{3/2} \cdot q_B^{3/2} \cdot R^{1/2} \right)^{1/3} \right)^{2/3}}. \quad (8)$$

При русі шини з кутами установки коліс автомобіля відповідно до роботи [6] бокова сила визначається так:

$$\tau_{max} = \chi_W q_B \alpha \cdot 2x_0 / H_{n\phi} \quad \text{і} \quad S_{max} = \psi' \alpha \cdot 2X_0,$$

де  $\chi_W$  і  $\psi'$  - коефіцієнти, що залежать від конструкції шини;  $\alpha$  - кут бокового уводу колеса;  $H_{n\phi}$  - висота

$$L = \frac{2^{22/9} \cdot \pi^2 \cdot R^{20/9} H_{np} \left( \left( 2 \cdot B_n^{3/2} \cdot q_B^{3/2} \cdot R^{1/2} + 3Q \cdot k_1^{1/2} \right)^{1/3} - \left( 2 \cdot B_n^{3/2} \cdot q_B^{3/2} \cdot R^{1/2} \right)^{1/3} \right)^{2/3}}{0,1 \cdot \kappa \cdot \Delta^{1/6} (\chi_W q_B \alpha \cdot 2x_0 / H_{n\phi})^t \cdot \psi' \cdot \alpha \cdot 2x_0 (1 - \mu^2)^{2/3} \cdot Q^{2/3} \cdot k_1^{1/3} \cdot \sigma_b^{-t} \cdot E^{-2/3} \cdot k_{np}^{-2/3} \cdot B_n^{-2/3}}. \quad (9)$$

При дії на колесо обертового або гальмового моменту питомі зусилля та максимальні ковзання шини відносно дороги можливо визначити таким чином [6]:

$$\tau_{max} = T / (B X_0 R), \quad S_{max} = \psi_x X_0 R,$$

де  $T$  - момент, що крутить або гальмує рух шини;  $\psi_x$

$$L = \frac{2^{22/9} \cdot \pi^2 \cdot R^{20/9} \cdot H_{np} \left( \left( 2 \cdot B_n^{3/2} \cdot q_B^{3/2} \cdot R^{1/2} + 3 \cdot Q \cdot k_1^{1/2} \right)^{1/3} - \left( 2 \cdot B_n^{3/2} \cdot q_B^{3/2} \cdot R^{1/2} \right)^{1/3} \right)^{2/3}}{0,1 \cdot \kappa \cdot \Delta^{1/6} (T / B \cdot x_0 \cdot R)^t \cdot \psi_x \cdot T / (k_x \cdot x_0 \cdot R) (1 - \mu^2)^{2/3} \cdot Q^{2/3} \cdot k_1^{1/3} \cdot \sigma_b^{-t} \cdot E^{-2/3} \cdot k_{np}^{-2/3} \cdot B_n^{-2/3}}. \quad (10)$$

Отримана формула для визначення пробігу шини до повного зносу висоти протектора враховує основні параметри конструкції шини і умови експлуатації. Пробіг шини залежить від наступних параметрів: навантаження ( $Q$ ); основних розмірів ши-

$$I_K = \frac{0,4 \cdot \Delta^{1/6} q_n^{2/3} (1 - \mu^2)^{2/3}}{2\pi R \sigma_b^t E^{2/3}} \int \tau_{mp}^t ds =$$

$$= \frac{0,1 \cdot \kappa \Delta^{1/6} q_n^{2/3} r_{max}^t S_{max} (1 - \mu^2)^{2/3}}{2\pi R \sigma_b^t E^{2/3}}. \quad (7)$$

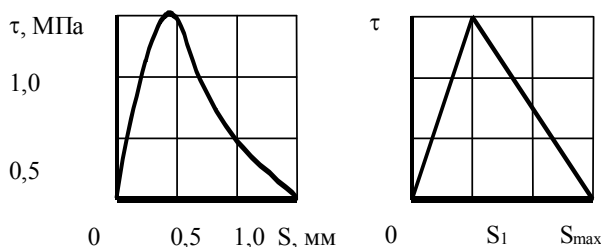


Рис. 1. Залежність дотичних напружень від ковзань у контакті [1].

Підставивши значення середнього питомого нормального тиску шини на дорогу отримуємо, що

профілю шини.

Тоді пробіг шини до повного зносу протектора буде визначатися так:

і  $\kappa_x$  - коефіцієнти, що залежать від конструкції шини.

Пробіг шини до повного зносу висоти рисунка протектора дорівнює

ни ( $H_{n\phi}$ ,  $B_n$ ,  $R$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ); виду малюнка протектора ( $\kappa_{np}$ ); тиску повітря в шині ( $q$ ); фізико-механічного стану і типу дорожнього покриття ( $\tau_0$ ,  $\beta$ ,  $h_1$ ,  $R_H$ ); основних механічних характеристик матеріалу протектора ( $\alpha$ ,  $E$ ,  $\mu$ ,  $\sigma_b$ ).

1. Крагельский И. В., Михин Н. М. Узлы трения машин. Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 271 с. 2. Крагельский И. В. Об оценке свойств материалов трущихся пар // Заводская лаборатория. - 1968. - Т. XXXIV. - № 8. - С. 1007-1011. 3. Бухин Б. Л. Введение в механику пневматических шин. - М.: Химия, 1988, - 224 с. 4. Хромов М. К. Дальнейшее изучение методических вопросов в области испытания резин на усталость. // В сб. Труды НИИШП. - № 7. - М.: Госхимиздат. - 1960. - С. 5-20. 5. Бухин Б. Л. Теория безмоментных сетчатых оболочек вращения и ее приложения к расчету пневматических шин: Дис ... докт. техн. Наук: 05.05.04. - М., 1972. - 387 с. 6. Непомнящий Е. Ф. Износ эластичного колеса при качении с проскальзыванием. Роль спектра нагрузок // В кн. Резина — конструкционный материал современного машиностроения. - М.: Химия. - 1967. - С. 58-72.